



TITLE:

# 反應管内温度分布問題に関する研究

AUTHOR(S):

福井, 謙一; 川崎, 明裕

---

CITATION:

福井, 謙一 ...[et al]. 反應管内温度分布問題に関する研究. 化学研究所講演集 1947, 16: 31-34

ISSUE DATE:

1947-12-30

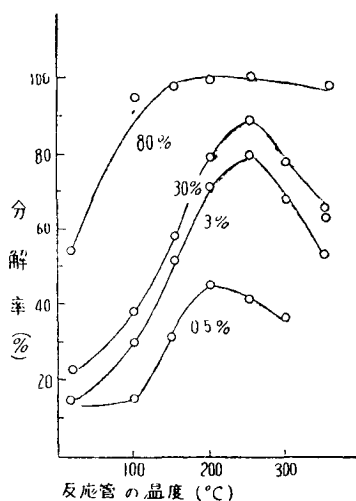
URL:

<http://hdl.handle.net/2433/73832>

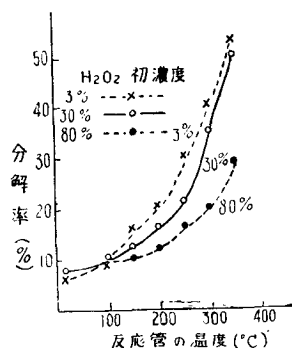
RIGHT:

(a) 安定剤を含む過酸化水素を用いた場合 反應管の温度と分解率との關係を圖示すれば第一圖の如くである。200~250°C にて分解率の極大が現はれた。初濃度の異なる程即ち共存する水蒸氣量の異なる程分解率が大である。

第 1 圖



第 2 圖



(b) 精製過酸化水素を用いた場合 第二圖の如く、反應温度高き程分解率大となる。又  $H_2O_2$  初濃度高き程分解率小となり、即ち水の蒸氣は分解促進に働くらしい。 $H_2O_2$  濃度 3, 30, 80% による分解率の比は略 2 : 1.5 : 1 である。

尙、(a) の結果は氣化室内に溜る  $H_2SO_4$  による蒸發困難のため液相分解による誤差が入つてゐる。氣相分解としては (b) の結果が正確である。即ち  $H_2SO_4$  が氣化に際して非常に悪い結果をもたらす。又  $H_2O_2$  蒸氣を導管中に流す場合その分解が  $H_2O_2$  濃度大なる程かへつて少い事及び 150°C 迄は室温に比べて大差ない事は實際上の減壓問題に關係し注目すべきである。

## 反應管内温度分布問題に關する研究

福 井 謙 一  
川 崎 明 裕

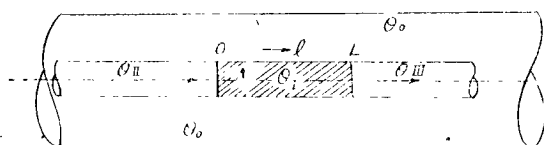
發熱反應を行はしめてゐる反應管の外部より恒温の油、其他の流體によつて反應管内に發生

した反応熱を取去る場合、反応管の内部の温度分布はどうなるか、又温度分布と流速との関係はどうなるか等は理論的にも実験室的にも又工業的にも重要な問題であるに拘らずこの問題の正確なる論議は未だなされてゐないやうであるので茲に取扱つたわけである。

### I. 反応層が有限にある場合

細かい粒状触媒をなる長さに一様に充填した反応管 (径  $R$ ) を考へ管外の冷却流體の温度を  $\theta_0$ 、触媒層の温度を  $\theta_I$ 、触媒層より前部の管内温度を  $\theta_{II}$ 、触媒層より後部の温度を  $\theta_{III}$ 、夫々の部分に於ける反応流體の熱傳導率を  $K_I, K_{II}, K_{III}$ 、比熱を  $C_{PI}, C_{PII}, C_{PIII}$ 、密度を  $\rho_I, \rho_{II}, \rho_{III}$ 、空管としての流速を  $V_I, V_{II}, V_{III}$ 、外部の冷却流體への熱貫流係数を  $U_I, U_{II}, U_{III}$ 、反応熱を  $f$ 、反応速度を  $\varphi$  とし、第 1 圖の如く管長方向に流動方向を正とする  $l$  軸をとり管径方向に  $r$  軸をとると次の微分方程式が成立する。

第 1 圖



$$K_I \left( \frac{\partial^2 \theta_I}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \theta_I}{\partial r} + \frac{\partial^2 \theta_I}{\partial l^2} \right) - C_{PI} \rho_{VI} \frac{\partial \theta_I}{\partial l} + q\varphi = 0 \quad 0 < l < L \quad (1)$$

$$K_{II} \left( \frac{\partial^2 \theta_{II}}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \theta_{II}}{\partial r} + \frac{\partial^2 \theta_{II}}{\partial l^2} \right) - C_{PII} \rho_{VII} \frac{\partial \theta_{II}}{\partial l} = 0 \quad l < 0 \quad (2)$$

$$K_{III} \left( \frac{\partial^2 \theta_{III}}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \theta_{III}}{\partial r} + \frac{\partial^2 \theta_{III}}{\partial l^2} \right) - C_{PIII} \rho_{VIII} \frac{\partial \theta_{III}}{\partial l} = 0 \quad l > L \quad (3)$$

境界條件は

$$r=R \text{ にて} \quad -K_I \frac{\partial \theta_I}{\partial r} = U_I (\theta_I - \theta_0) \quad 0 < l < L \quad (4)$$

$$-K_{II} \frac{\partial \theta_{II}}{\partial r} = U_{II} (\theta_{II} - \theta_0), \quad l < 0 \quad (5)$$

$$-K_{III} \frac{\partial \theta_{III}}{\partial r} = U_{III} (\theta_{III} - \theta_0) \quad l > L \quad (6)$$

$$l=0 \text{ にて} \quad \theta_I = \theta_{II} \quad (7)$$

$$-K_I \frac{\partial \theta_I}{\partial l} = -K_{II} \frac{\partial \theta_{II}}{\partial l} \quad (8)$$

$$l=L \text{ にて} \quad \theta_I = \theta_{III} \quad (9)$$

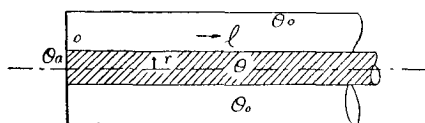
$$-K_I \frac{\partial \theta_I}{\partial l} = -K_{III} \frac{\partial \theta_{III}}{\partial l} \quad (10)$$

である。我々は (1)~(10) を解いてその完全解を與へたが、得られた温度分布式が極めて複雑で色々の論議に不便であるので次に半無限の反応層の場合を考へた、

### II. 反応層が半無限である場合.

第2圖の如き半無限の反応層を考へ、入口の温度は常に一定温度  $\theta_a$  に保たれてゐるものとすると次の微分方程式が成立する。

第 2 圖



$$K \left( \frac{\partial^2 \theta}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \theta}{\partial r} + \frac{\partial^2 \theta}{\partial l^2} \right) - C_p \rho v \frac{\partial \theta}{\partial l} + q \varphi = 0 \quad (11)$$

$$\text{境界条件は } r=R \text{ にて } -K \frac{\partial \theta}{\partial r} = U (\theta - \theta_a) \quad (12)$$

$$l=0 \text{ にて } \theta = \theta_a \quad (13)$$

である、茲で反応は假に一次反応であるとし、

$$\varphi = [A]_0 k e^{-\frac{k}{v} l} \quad (14)$$

とおく、(11)~(13) を解けば

$$\theta = \theta_a + \frac{\alpha}{\beta(\beta + \gamma)} \left\{ \frac{h J_0(\sqrt{\beta(\beta + \gamma)} y)}{\sqrt{\beta(\beta + \gamma)} J_0'(\sqrt{\beta(\beta + \gamma)}) + h J_0(\sqrt{\beta(\beta + \gamma)})} - 1 \right\} e^{-\beta x} - \sum_{i=1}^{\infty} \frac{2 b_i^2}{(b_i^2 + h^2) \{J_0(b_i)\}^2} \left\{ \frac{\alpha}{\beta(\beta + \gamma)} \frac{h J_0(b_i)}{b_i^2 - \beta(\beta + \gamma)} + \frac{1}{b_i} \left( \theta_a - \theta_0 + \frac{\alpha}{\beta(\beta + \gamma)} \right) J_0'(b_i) \right\} J_0(b_i y) e^{\alpha i x} \quad (15)$$

$$\text{茲に } \alpha = \frac{q[A]_0 k R^2}{k}, \quad \beta = \frac{k R}{v}, \quad \gamma = \frac{C_p \rho v R}{K}, \quad h = \frac{U R}{K}, \quad \frac{r}{R} = y, \quad \frac{l}{R} = x$$

$$b_i \text{ は } b J_0'(b) + h J_0(b) = 0 \text{ の第 } i \text{ 番目の根,}$$

$$\alpha i \text{ は } \alpha^2 - \gamma \alpha - b_i^2 = 0 \text{ の負根,}$$

$J_0$  は零次の Bessel 函数である。

反応管の中心温度 ( $\theta_z$  とする) は (15) より直ちに得られ、

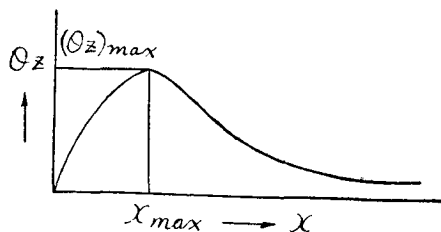
$$\theta_z = \theta_a + \frac{\alpha}{\beta(\beta + \gamma)} \left\{ \frac{h}{\sqrt{\beta(\beta + \gamma)} J_0'(\sqrt{\beta(\beta + \gamma)}) + h J_0(\sqrt{\beta(\beta + \gamma)})} - 1 \right\} e^{-\beta x} - \sum_{i=1}^{\infty} \frac{2 b_i^2}{(b_i^2 + h^2) \{J_0(b_i)\}^2} \left\{ \frac{\alpha}{\beta(\beta + \gamma)} \frac{h J_0(b_i)}{b_i^2 - \beta(\beta + \gamma)} + \frac{1}{b_i} \left( \theta_a - \theta_0 + \frac{\alpha}{\beta(\beta + \gamma)} \right) J_0'(b_i) \right\} e^{\alpha i x} \quad (16)$$

$\theta_0 = \theta_a = 0$  として一般性を損はぬから、

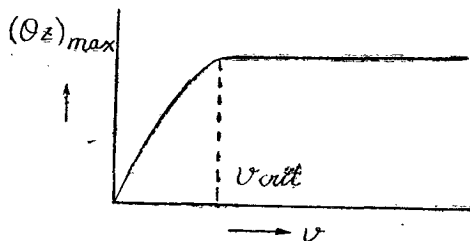
$$\theta_z = \frac{\alpha}{\beta(\beta + \gamma)} \left[ \left\{ \frac{h}{\beta(\beta + \gamma) J_0'(\sqrt{\beta(\beta + \gamma)}) + h J_0(\sqrt{\beta(\beta + \gamma)})} - 1 \right\} e^{-\beta x} - \sum_{i=1}^{\infty} \frac{2 h \beta(\beta + \gamma) e^{\alpha i x}}{(b_i^2 + h^2) \{b_i^2 - \beta(\beta + \gamma)\} J_0(b_i)} \right] \quad (16)'$$

$\theta_z(x)$  と  $x$  との関係圖の一例を圖示すれば第3圖のやうである。

第 3 圖



第 4 圖



次に (16)' 式の中の諸恒數に實驗値を入れて種々なる  $v$  のときの  $(\theta z)_{\max}$  の値の變化を求めると第 4 圖のやうに  $(\theta z)_{\max}$  は或  $v$  の値までは略直線的に増加するが以後は殆んど一定になる。この曲率の非常に小なる點  $v_{crit}$  は、 $R, q, [A]_0, k, K, C_p, \rho, U$  の函數であるが、之等の諸恒數の値と  $v_{crit}$  との間の關係を實驗をせず計算のみで知ることが出來れば、反應管の溫度調節上極めて便利であることは明かである。之に關して或簡單化の爲の工夫の下にその方法を述べた。(細部省略)

## 珐瑯融着機構の研究 (第 4 報)

### 燒成中に於ける珐瑯鐵板の酸素吸収に就て

田 代 仁

施釉した軟鋼板を爐の中に入れるとガラス粒子が軟化し鐵表面を蔽つた後も空中の酸素はガラス融液の薄層を通つて鐵表面に達し鐵を酸化する。この酸素の侵入速度が熱成中どの様に變るかを測定する事は軟鋼と釉の融着が完成する迄の経過を知る上に極めて必要であると考へたのでこの研究を行つた。

測 定 方 法：施釉した軟鋼片を石英管に入れ、管の中に 1/5 氣壓の酸素を充填した後、電氣爐中で  $900^{\circ}\text{C}$  に加熱する。軟鋼片によつて吸収されただけの酸素を石英管に連結したマノメーターを見ながら絶へず補充する。補充量と燒成時間の關係より酸素吸収速度を求める。

結果及び考察：(1)ガラス粒子が熔ける前に酸素は自由に粒子の間を通り抜けて鐵表面に酸化鐵屑をつくる。ガラスが熔けて鐵表面を蔽つてもこの酸化鐵屑がガラスと鐵の間にある間は酸素の吸収は始まらない。酸化鐵屑がガラス融液中に溶解消失した後に(正しく云へば少くとも  $1\mu$  以下の厚さになつた後に)酸素の吸収が始まり可成り長い間吸収速度は一定に保たれる。ガラス中の酸化鐵の濃度が飽和點に近くなるとその速度は減する。所謂燒成最適時間と